

**PRARANCANGAN PABRIK
PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHID, ASETALDEHID
DAN NATRIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Srata I pada
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

BAYU SETIAWAN

D 500 120 077

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA**

2019

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK
PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHID, ASETALDEHID DAN
NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 25.000 TON PER TAHUN**

PUBLIKASI ILMIAH

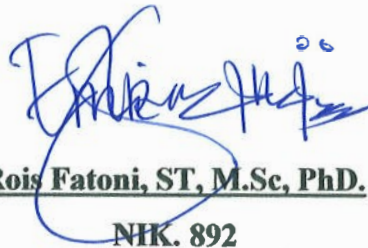
Oleh:

BAYU SETIAWAN

D 500 120 077

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

a.n. Dosen Pembimbing



Rois Fatoni, ST, M.Sc, PhD.

NHK. 892

HALAMAN PENGESAHAN

PRARANCANGAN PABRIK

**PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHID, ASETALDEHID DAN
NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 25.000 TON PER TAHUN**

OLEH

BAYU SETIAWAN

D 500 120 077

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Kamis, 22 Agustus 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

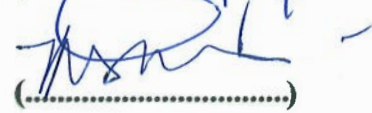
1. Rois Fatoni, ST, M.Sc, PhD.

(Ketua Dewan Penguji)

()

2. Ir. Herry Purnama, Ph.D.

(Anggota I Dewan Penguji)

()

3. Hamid Abdillah, S.T, M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

()

Dekan,



M. H. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 Agustus 2019

Penulis



Bayu Setiawan

D500120077

PRARANCANGAN PABRIK
PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHID, ASETALDEHID DAN
NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 25.000 TON PER TAHUN

Abstrak

Pentaeritritol ($C_5H_{12}O_4$) merupakan bahan yang cukup penting dalam peningkatan industri di Indonesia seperti industri cat, industri alkid resin, resin ester dan lain-lain. Pabrik direncanakan didirikan di kawasan industri Surabaya, Jawa Timur. Pabrik ini dirancang untuk memenuhi dalam negeri dan tidak menutup kemungkinan untuk diekspor. Pabrik Pentaeritritol dirancang dengan kapasitas 25.000 ton/tahun. Proses pembuatan pentaeritritol dilakukan dalam reaktor Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR). Pabrik beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun. Pada proses ini reaksi berlangsung pada fase cair-cair, irreversible, dengan suhu $30^{\circ}C$ dan tekanan 2 atm. Reaksi eksotermis, isothermal sehingga dibutuhkan pendingin untuk menjaga suhu didalam reaktor tetap pada suhu yang diinginkan. Hasil keluaran reaktor diumpankan ke evaporator untuk memekatkan cairan, hasil keluaran evaporator diumpankan ke kristalizer untuk membentuk kristal sebagai produk dengan kemurnian 99,03% berat setelah pengeringan. Untuk menunjang proses industri, maka didirikan unit pendukung yaitu unit penyediaan air sebesar 66.935,911 kg/jam yang diperoleh dari air sungai, penyediaan air pendingin sebesar 6.845,019 kg/jam, penyediaan saturated steam sebesar 472,744 kg/jam yang diperoleh dari *boiler* dengan bahan bakar fuel oil sebesar $0,136\ m^3/jam$. Kebutuhan udara tekan $50\ m^3/jam$. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan sebuah generator set sebesar 425 kW sebagai cadangan dengan bahan bakar $0,056\ m^3/jam$. Pabrik pentaeritritol ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi line dan staff. Dari analisa ekonomi yang telah dilakukan terhadap pabrik ini dibutuhkan modal tetap Rp 630.246.046.290 dan modal kerja sebesar Rp 179.824.531.343. keuntungan sebelum pajak Rp 135.513.741.293 per tahun, setelah dipotong 50% keuntungan mencapai Rp 67.756.870.646,25 per tahun. Analisis kelayakan ini memberikan hasil bahwa hasil Percent return On Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 21,05% dan setelah pajak sebesar 10,75%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak 3,17 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 4,82 tahun dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,38%. Discounted Cash Flow (DCF) sebesar 27,68%. Berdasarkan data-data diatas maka pabrik pentaeritritol disimpulkan pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata kunci : pentaeritritol, asetaldehid, natrium hidroksida, continuous stirred tank reactor

Abstract

Pentaeritritol ($C_5H_{12}O_4$) is a material that is quite important in improving industries in Indonesia such as the paint industry, alkyd resin industry, ester resin and others. The plant is planned to be established in the industrial area of Surabaya, East Java. This plant is designed to meet domestically and does not exclude the possibility of export. The Pentaeritritol plant is designed with a capacity of 25,000 tons/year. The process of making pentaerythritol is carried out in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) reactor. The plant operates continuously for 330 days/year. In this process the reaction takes place in a liquid-liquid, irreversible phase, with a temperature of 30°C and a pressure of 2 atm. An exothermic, isothermal reaction so that it needs coolant to keep the temperature inside the reactor at the desired temperature. The reactor output is fed to the evaporator to concentrate the liquid, the evaporator output is fed to the crystallizer to form crystals as a product with a purity of 99.03% by weight after drying. To support the industrial process, a supporting unit was established, namely a water supply unit of 66,935,911 kg/hour obtained from river water, cooling water supply of 6,845,019 kg / hour, supply of saturated steam of 472,744 kg/hour obtained from a boiler with fuel oil of $0.136\text{ m}^3/\text{hour}$. Needs compressed air $50\text{ m}^3/\text{hour}$. Electricity is obtained from PLN and a generator set of 425 kW in reserve with $0.056\text{ m}^3/\text{hour}$ of fuel. This pentaerythritol plant is a Limited Liability Company (PT) with a line and staff organization system. From the economic analysis that has been carried out on this factory, it requires fixed capital of Rp. 630,246,046,290 and working capital of Rp. 179,824,531,343. profit before tax of Rp. 135,513,741,293 per year, after deducting 50% of the profit reaching Rp. 67,756,870,646.25 per year. This feasibility analysis gives the result that the return on investment (ROI) before tax is 21.05% and after tax is 10.75%. Pay Out Time (POT) before tax is 3.17 years while after tax is 4.82 years and Shut Down Point (SDP) is 31.38%. Discounted Cash Flow (DCF) of 27.68%. Based on the data above, the pentaerythritol plant concluded that this factory was profitable and feasible to be established.

Keywords: pentaerythritol, acetaldehyde, sodium hydroxide, continuous stirred tank reactor

1. PENDAHULUAN

Bangsa Indonesia haruslah berbenah diri dan meningkatkan sumber daya manusia. Seiring dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan, maka salah satunya

dengan peningkatan pembangunan dibidang industri. Karena industri kimia merupakan industri yang vital dan strategis bagi setiap negara termasuk negara Indonesia, mengingat industri ini mempunyai keterkaitan dengan pengembangan industri lainya dan berbagai kegiatan ekonomi.

Pembangunan industri kimia di Indonesia sudah mulai dikembangkan dan semakin meningkat seperti plastik, industri cat, industri makanan dan lain-lain. Dalam memenuhi kebutuhan kimia baik digunakan sebagai bahan baku dan bahan jadi dalam industri kimia, Indonesia masih bergantung kepada negara lain, salah satunya adalah pentaeritritol. Kebutuhan pentaeritritol terus bertambah seiring dengan perkembangan industri - industri di Indonesia. Tingkat konsumsi pentaeritritol di Indonesia yang semakin meningkat dari tahun ke tahun tidak dapat dipenuhi sendiri oleh bangsa Indonesia, dengan kata lain Indonesia harus mengimpor untuk memenuhi kebutuhan pentaeritritol. Sehubungan dengan hal ini maka sangatlah penting di Indonesia didirikan pabrik pentaeritritol dengan tujuan mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, memenuhi kebutuhan dalam negeri dan tidak menutup kemungkinan diekspor ke luar negeri.

Dengan mendirikan pabrik pentaeritritol, diharapkan kebutuhan impor dalam negeri dapat ditekan dan kebutuhan industri *alkyd resin*, resin ester dan lain-lain. Jadi pendirian pabrik pentaeritritol dimaksudkan agar.

1. Berkurangnya ketergantungan industri Indonesia terhadap negara lain.
2. Menarik minat investor untuk menanamkan modalnya di Indonesia.
3. Terciptanya lapangan kerja baru.
4. Pemasok bahan baku terhadap industri-industri yang membutuhkan pentaeritritol sebagai bahan baku.

2. METODE

2.1 Kapasitas Perancangan Produk

Kapasitas produk dapat diartikan sebagai jumlah maksimum yang dapat diproduksi dalam satuan massa tertentu. Kapasitas rancangan suatu pabrik ditentukan oleh.

1. Proyeksi kebutuhan pentaeritritol dari tahun ke tahun di Indonesia

Kebutuhan akan pentaeritritol di Indonesia terus meningkat pada tahun-tahun yang akan datang. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini

Tabel 1. Data kebutuhan impor pentaeritritol (BPS, 2010-2016)

Tahun	Impor (kg)
2010	11.162.930
2011	14.498.873
2012	12.149.034
2013	13.850.457
2014	14.171.490
2015	13.087.385
2016	14.187.290

2. Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi

Penentuan kapasitas produksi didasarkan pada kebutuhan pentaeritritol yang masih impor dan kapasitas ini harus diatas atau paling tidak sama dengan kapasitas minimum pabrik yang sudah beroperasi seperti terlihat dalam tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Data Pabrik Pentaeritritol yang Sudah Didirikan

Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
Perstorp, Sweden	27.000
Hercules, Louisiana, US	22.000
Lee Chang Kung, Taiwan	23.000

Dengan melihat pertimbangan pabrik pentaeritritol yang pernah didirikan, kapasitas produksi yang direncanakan pada pabrik ini sebesar 25.000 ton per tahun dengan pertimbangan peningkatan kebutuhan pentaeritritol setiap tahun.

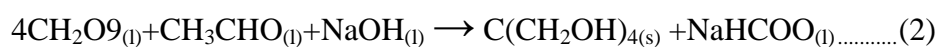
2.2 Dasar Reaksi

Ada dua cara memproduksi pentaeritritol yaitu pentaeritritol dengan kalsium hidroksida sebagai media alkali dan pentaeritritol dengan natrium hidroksida sebagai media alkali, reaksi yang terjadi adalah.

Reaksi penetralan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang terjadi.

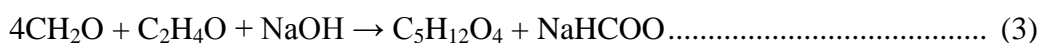


Reaksi pembentukan pentaeritritol yang terjadi.



2.3 Tinjauan Thermodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan menentukan sifat reaksi dan arah reaksi, Kondisi reaksi dijaga pada tekanan 2 atm dan temperatur 30 °C, jika ditinjau dari data ΔG dan ΔH untuk reaksi yang terjadi



$$\Delta G^\circ = -RT \ln \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{-\Delta H_r}{RT^2} \dots\dots\dots (5)$$

ΔG°	= Energi bebas gibbs standar (T = 298 K) = kkal/mol	
ΔH_r	= Panas reaksi	= kkal/mol
K	= konstanta kesetimbangan	
T	= Temperatur	= 30 °C
R	= Tetapan gas	= 1,987 kkal/mol K

Tabel 3. Harga ΔH_f° dan ΔG° masing-masing komponen (Langes 3.50)

Komponen	ΔH_f° (kkal/mol)	ΔG°_{298} (kkal/mol)
CH_2O	-108,6	-102,5
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	-192,2	-127,6
NaOH	-469,15	-419,20
$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_4$	-920,6	-613,8
NaHCOO	-666,67	-613,0

$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned}
&= ((1 \times -920,6) + (1 \times -666,67)) - ((4 \times -108,6) + (1 \times -192,2) \\
&\quad + (1 \times -469,15)) \\
&= -1587,27 - (-1905,75) \\
&= -491,52 \text{ kkal/mol}
\end{aligned}$$

Kesimpulan harga entalpi pembentukannya negatif menunjukkan reaksi bersifat eksotermis.

$$\begin{aligned}
\Delta G^\circ &= \sum \Delta G^\circ_{298} \text{ produk} - \sum \Delta G^\circ_{298} \text{ reaktan} \\
&= ((1 \times -613,8) + (1 \times -613,0)) - ((4 \times -102,5) + (1 \times -127,6) + \\
&\quad (1 \times 419,2)) \\
&= -1226,8 - (956,8) \\
&= -270,00 \text{ kkal/mol}
\end{aligned}$$

Dari persamaan dapat dicari konstanta kesetimbangan pada $T = 298\text{K}$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$K_1 = \exp \left(-\left(\frac{\Delta G}{RT} \right) \right)$$

$$\begin{aligned}
K_1 &= \exp \\
K_1 &= \exp^{(0,4559)} \\
K_1 &= 1,5776
\end{aligned}$$

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{-\Delta H_r}{RT^2} \quad \text{Masuk ke persamaan (2,7)}$$

$$\int_{K_1}^K d \ln K = \int_{T_1}^{T_2} -\frac{\Delta H}{RT^2} dT$$

$$\frac{\ln K}{K_1} = -\frac{\Delta H_r}{R} \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\frac{\ln K}{K_1} = -\frac{-491,52}{1.987} \left[\frac{1}{298} - \frac{1}{303} \right]$$

$$\frac{\ln K}{K_1} = 13,6989$$

$$K/K_1 = \exp^{(13,6989)}$$

$$K = 8,8904 \times 10^5 K_1$$

$$K = 8,8904 \times 10^5 \times 1,5776$$

$$K = 1,4025 \times 10^6$$

Kesimpulan dari harga adalah reaksinya *irreversible* (tidak dapat balik).

2.4 Langkah Proses

Pada dasarnya pembuatan pentaeritritol dengan bahan baku formaldehid, asetaldehid, dan NaOH dapat dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu.

a. Tahap penyiapan bahan baku masuk reactor

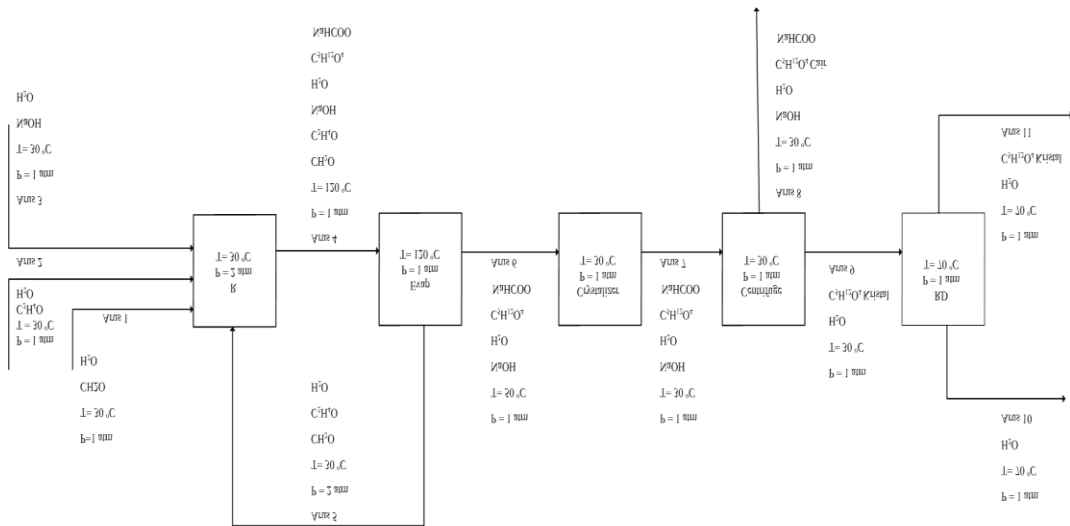
Penyiapan bahan baku dimaksudkan untuk menyesuaikan kondisi bahan baku reaktor. Asetaldehid, formaldehid dan NaOH disimpan pada fase cair pada suhu 30°C karena dalam reaktor adalah cair-cair. Semua bahan baku dialirkan menuju reaktor melalui pompa.

b. Tahap reaksi atau pembentukan pentaeritritol

Reaksi berjalan pada fase cair-cair dimana reaksi itu sendiri terjadi didalam reaktor tangki berpengaduk. Kondisi operasi dalam reaktor yaitu 30°C dan tekanan 2 atm. Perbandingan molar asetaldehid, formaldehid dan NaOH adalah 1:4:1. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis, untuk itu maka diperlukan pendingin. Hasil keluaran reaktor pentaeritritol, natrium formiat, formaldehid dan asetaldehid.

c. Tahap pemisahan dan pemurnian

Dari reaktor produk dialirkan menuju evaporator. Kegunaan evaporator yaitu untuk memekatkan produk pentaeritritol yang memiliki kandungan air sehingga kandungan air menjadi lebih sedikit saat sebelum masuk evaporator. Evaporator bekerja pada tekanan 1 atm dan suhu 120°C sehingga keluaran evaporator diharapkan 1 atm. Hasil keluaran evaporator dialirkan menuju kristalizer pada tekanan 1 atm. Dari kristalizer produk dialirkan menuju *centrifuge* yang berfungsi untuk memisahkan cake dari filtratnya. Dari *centrifuge* kemudian cake pentaeritritol yang masih basah dikeringkan dalam *rotary dryer* sampai kandungan air tinggal sedikit. Kandungan dari *mother liquor* yang keluar dari *centrifuge* yang mengandung natrium formiat di *purping* yang kemudian dijual karena natrium formiat memiliki nilai yang tinggi. Produk dari rotary dryer mengandung kemurnian yang cukup tinggi yaitu 99 %.



- Diameter : 4,0334 m
- Tebal *Head* : 0,0064 m
- Tebal *Shell* : 0,0064 m

Pengaduk

- Jenis Impeler : turbin (1 impeler)
- Diameter : 1,34447 m
- Kec. Pengaduk : 0,8050 rps
- Daya Motor : 20 Hp

Pendingin

- Jenis : Koil
- Panjang : 2098,4934 m
- Tinggi : 21,5546 m
- Bahan : *Carbon Steel SA 283*
- Jumlah : 1
- Harga : US \$540.317,05

b. Evaporator

Kode : Ev-01

Fungsi : Memekatkan larutan pentaeritritol dari reaktor sebanyak 3189,9134 kg/jam

Tipe : *Triple effect forward fead evaporator*

Ukuran Tube

- OD : 0,75 in (0,0190 m)
- ID : 0,62 in (0,0157 m)
- BWG : 12
- at'' : 0,302 in

Ukuran

- Diameter : 0,8235 m
- Tebal *Shell* : 0,1875 in (0,0048 m)
- Tebal *Head* : 0,1875 in (0,0048 m)
- Tinggi *Head* : 0,18791 m

- Tinggi Evap : 5,8622 m
- Jumlah : 1
- Harga : US \$ 148.008,76

c. Kristalizer

- Kode : KR-1
- Fungsi : Mengkristalkan produk pentaeritritol sebanyak 3126,1156 kg/jam
- Tipe : *Swenson -Walker Continuous Crystallizer*
- Kondisi operasi
 - Suhu : 30°C
 - Tekanan : 1 atm
- Dimensi
 - Diameter : 0,6046 m
 - Volume : 0,4446 m³
 - Panjang : 3,0480 m
 - Tinggi : 0,6604 m
 - Tebal Dinding : 0,1875 in (0,0048 m)
- Pendingin : air
- Suhu masuk : 30°C
- Suhu keluar : 45°C
- Kebutuhan air : 2.960,83 kg/jam
- Bahan : *Stainless Steel SA-167 Grade 3*
- Tenaga motor : 0,50 Hp
- Harga : US \$ 39.922,67

d. Centrifuge

- Kode : CF-01
- Fungsi : Memisahkan pentaeritritol sebanyak 3169,1156
- Tipe : *sedimenting centrifuge*
- Kapasitas : 14,45868 gpm
- Kecepatan : 867,521 gallon/jam
- Diameter : 0,10478 m

Kecepatan putar : 15.000 rpm
 Tenaga motor : 2 Hp
 Bahan : *Carbon Steel SA 283 grade C*
 Jumlah : 1
 Harga : US \$ 14.063,66

e. *Rotary Dryer*

Kode : RD-01
 Fungsi : Mengeringkan produk pentaeritritol sebanyak
 3126,11567 kg/jam

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu Udara Masuk : 240°C
- Suhu Udara Keluar : 80°C
- Suhu Bahan Masuk : 30°C
- Suhu Bahan Keluar : 70°C

Tipe : *Rotary Dryer Counter Current Direct heat
 single shell*

Dimensi

- Panjang : 6,8777 m
- Diameter : 1,7194 m
- Kecepatan motor : 2,8228 rpm
- Media pengering : Udara
- Suhu masuk : 240°C
- Suhu keluar : 80°C
- Kemiringan : 4 cm/m

Motor : 3,4177 Hp
 Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
 Jumlah : 1
 Harga : US \$ 67.482,92

3.2 UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM

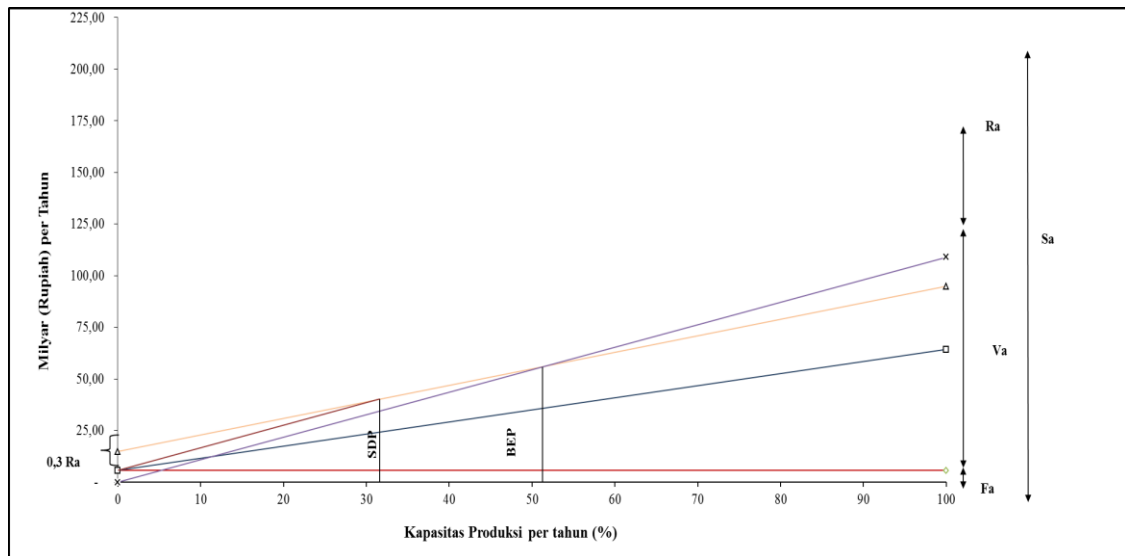
Unit pendukung proses atau sering dengan unit utilitas merupakan sarana penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses pada pabrik. Untuk menunjang proses industri, maka didirikan unit pendukung yaitu unit penyediaan air sebesar 66.935,911 kg/jam yang diperoleh dari air sungai, kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan sebuah generator set sebesar 425 kW sebagai cadangan dengan bahan bakar 0,056 m³/jam.

3.3 MANAJEMEN PERUSAHAAN

Bentuk perusahaan yang dipilih dalam perancangan pabrik pentaeritritol ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Kapasitas produksi sebesar 25.000 ton/tahun yang akan didirikan dan berlokasi di kawasan industri Surabaya, Jawa Timur. Pabrik memiliki jumlah karyawan sebanyak 300 orang.

3.4 ANALISIS EKONOMI

Dari analisa ekonomi yang telah dilakukan terhadap pabrik ini dibutuhkan modal tetap Rp 630.246.046.290 dan modal kerja sebesar Rp 179.824.531.343. keuntungan sebelum pajak Rp 135.513.741.293 per tahun, setelah dipotong 50% keuntungan mencapai Rp 67.756.870.646,25 per tahun. Analisis kelayakan ini memberikan hasil bahwa hasil *Percent return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 21,05% dan setelah pajak sebesar 10,75%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 3,17 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 4,82 tahun dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,38%. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 27,68%. Berdasarkan data-data diatas maka pabrik pentaeritritol disimpulkan pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.



Gambar 2. Grafik Perhitungan Analisis Ekonomi

4 PENUTUP

Hasil analisa ekonomi pabrik Pentaeritritol kapasitas 25.000 ton/tahun yaitu sebagai berikut:

- 1) Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 135.513.741.293,- dan sesudah pajak sebesar Rp 67.756.870.646,25,-.
- 2) *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 21,501% dan sesudah pajak 10,75%.
- 3) *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 3,17 tahun dan sesudah pajak 4,82 tahun. POT pabrik sebelum pajak maksimal 5 tahun (Aries and Newton: 1955).
- 4) *Break Event Point* (BEP) sebesar 51,23% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,58%. BEP yang wajar untuk suatu pabrik kimia berkisar 40-60%.
- 5) *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 27,68% sedangkan suku bunga pinjaman di bank sekitar 10% per tahun.

Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, pabrik Pentaeritritol dengan kapasitas 25.000 ton/tahun cukup layak dan menarik untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D., Chemical Engineering Cost Estimation, Mc Graw Hill International Book Company, New York.
- Badan Pusat Statistik, 2015, Data Impor Pentaeritritol di Indonesia, www.bps.go.id, 02 Juni 2015
- Brown, G.G., 1986, Unit Operation, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959, Process Equipment Design, 1st edition, John Wiley and Sons.Inc., New York.
- Geankoplis, C.J., 2003, Transport Process and Unit Operations, 4th ed., Prentice-Hall International, Tokyo.
- Joseph A. Wyler, Allentown, Pa.,1942, Purification Of Pentaerythritol, United States Patent Office, 260-637.
- Keyes and Clark., 1957, *Industri Chemical*, 4th ed, John Wiley and Sons, inc., New York.
- Kern, D.Q., 1983, Process Heat Transfer, Mc Graw Hill International Book Company, Tokyo.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1998, Encyclopedia of Chemical Technology, 4th edition, A Wiley Interscience Publisher Inc., New York.
- M. S. Peters and C. R. Cupit., 1958, Kinetics of Pentaerythritol-Production Reactions, *Chemical Engineering Science*. 10, 57-67., London.
- Perry, R.H. and Green, D.w., 1997, Perry's Chemical Engineering Handbooks, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York.
- Yaws, C.L., 1999, Chemical Properties Handbook, McGraw Hill Company, New York.
- <https://www.icis.com/explore/?s=pentaerythritol> Information and Analysis for Product Market